

Tartu Ülikool

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Ökoloogia ja Maateaduste instituut

Geograafia osakond

Magistritöö keskkonnatehnoloogias

Purtse jõe saastetaseme seosed vooluhulga ja ilmastikunäitajatega

Liina Roosimägi

Juhendaja: PhD Mait Sepp

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2014

Sisukord

SISSEJUHATUS	3
1. Põlevkivi õlitööstus reostusallikana	4
2. Ülevaade Purtse jõe reostuse ajaloost.....	6
3. Seadusandlus	10
4. Andmete kogumine	11
5. Andmete analüüs	14
5.1. Perioodid.....	14
5.2. Ilmastikunäitajad ja äravool.....	15
5.3. Analüüs	16
6. Tulemused ja arutelu	17
6.1 Naftasaadused.....	18
6.2. Ühe- ja kahealuselised fenoolid.....	21
6.3. Erindid	24
KOKKUVÕTE.....	27
TÄNUAVALDUSED.....	28
SUMMARY	29
KASUTATUD KIRJANDUS	31

SISSEJUHATUS

Eesti kõige reostatum jõgi on olnud Purtse jõgi koos oma Kohtla ja Erra lisajõega, mille kaudu suunati aastakümneid Soome lahte põlevkivitööstuse jääke ja poolkoksipuistangutelt pärinevat põlevkivifenoolide ja –õlidega saastunud nõrgvett. Purtse jõgi muutus praktiliselt surnud jõeks (Rätsep jt 2005, Velner jt. 1972).

Purtse jõe olukord muutus paremaks 1990ndate aastate alguses ja veelgi enam siis kui Eesti astus Euroopa Liitu, millega kaasnesid ka ranged keskkonnanõuded. Praeguseks on Purtse jõe olukord tunduvalt paranenud, kuid jääkreostus on see, mis püsib jõe põhjasetetes veel kaua.

Purtse jõgi on olnud alates 1960ndatest pidevalt teadlaste tähelepanu all (Velner 2003). Näiteks on põhjalikult uuritud Purtse jõe fenoolireostuse mõju mikroorganismidele (Kärme jt 2003, Truu 2004). Korduvalt on uuritud põlevkivitööstusest pärineva reostuse mõju veekasutusele ja vee kvaliteedile (nt Ida-Virumaa ... 1994, Rätsep 1999, Rätsep jt 2005). Vee kvaliteedi uuringud näitavad, et olukord jões pidevalt paraneb, kuid naftasaaduste ja fenoolide osas ületatakse seaduses ettenähtud piirnorme jätkuvalt. Näiteks 2009. a välitööde mõõtmistel saadi nn VKG kraavist fenoolide kontsentratsiooniks 119 µg/l, mis ületab lubatud piirnormi 1 µg/l enam kui sajakordselt (Saarmäe 2012).

Saarmäe (2012) seostas ekstreemseid kontsentratsioone kevadiste suurvete ja tugevate vihmasadudega, kuigi mõned kõrgemad kontsentratsioonid leiti ka madalveeperioodidel.

Kuna tänapäeval peetakse Purtse jõe peamiseks saastajaks aastakümnete jooksul põhjasettinud pärandsaastet (Maves AS 2008), siis on eriti oluline mõista kuidas Purtse jõe saasteainete kontsentratsioonid ja kogused sõltuvad vooluhulgast ja ilmastikunäitajatest, mis võivad pärandsaaste liikuvust mõjutada.

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida, kuidas on naftasaaduste ja fenoolide kontsentratsioonid ja kogused seotud Purtse jõe äravooluga, õhutemperatuuriga ja sademetega.

1. Põlevkivi õlitööstus reostusallikana

Põlevkivi orgaanilisel lagunemisel tekivad õlid, gaasid, pürogeneetiline vesi ja tahke jääk ehk poolkoks. Tähtsamaks saaduseks on õliaurude kondenseerumisel saadav põlevkiviõli. Põlevkiviõli sisaldab küllastunud, küllastumata ja aromaatsaid süsivesinikke, hapniku-, väävli- ja lämmastikuühendeid. Põlevkivist ehk kukersiidist saadavas õlis on 30-40% süsivesinikke, 25-30% fenoolide ja 30-40% neutraalseid hapnikuühendeid (ketoone, eetreid jt).

Laboratoorsed uuringud ja katsetused näitavad, et kukersiidis sisalduv kerogeen hakkab lagunema 100-200 °C juures, millega kaasneb veeauru eraldumine ning kummi põletamisele iseloomulik lõhn. 300 °C juures jääb helepruunist põlevkivist järele kokkukuivanud must tükk ning ilmuvad lagunemisaured: hakkavad tekkima põlevkiviõli kergemad (bensini) fraktsioonid. Edasise temperatuuri tõstmisega kuni 400 °C muutub põlevkivi orgaaniline aine poolvedelaks sitkeks massiks – termobituumeniks. Utmisprotsessi häireteta toimumiseks ületatakse kiiresti termobituumeni tekkimise temperatuurivahemik, et termobituumen hakkaks lagunema õliauruks (õli raskemad fraktsioonid), gaasiks ja tahkeks poolkoksiks. Lagunemisproduktide eraldumine termobituumenist lõpeb umbes 500 °C juures. Aurud vedeldatakse jahutamise teel nn põlevkivi toorõlits, millest setitatakse suure tahkete osakeste sisaldusega nn fuuss, mis sisaldab tuhka, tolmu ja vett (Kattai 2003).

Lisaks õlile saadakse uttegaasi ja järele jääb utmisjääk – poolkoks – must ja poorne mass, mis sisaldab termiliselt muutunud mineraalset ja orgaanilist ainet. Enne 2002. aastat jahutati poolkoks veega, seejärel transporditi vagonettides jäätmemäele ja uhuti veega laiali. Seetõttu reostus vesi fenoolide ja naftasaadustega (Kattai 2003).

Fenoolid on kahjulikud nii inimese tervisele kui ka looduskeskkonnale, need on mürgised sissehingamisel, kokkupuutel nahaga, allaneelamisel. Fenoolid lahustuvad vees suhteliselt hästi ning veekeskkonnas on fenoolid ohtlikud kõikidele veeorganismidele, mõjudes kaladele närvimürgina, juba 0,1 mg/l juures. Organoleptilise mõju kalalihale põhjustavad fenoolid juba kontsentratsioonist 0,01 mg/l. Alates kontsentratsioonist 1 mg/l avaldavad põlevkivi ühealuselised fenoolid mõju veekogude isepuhastusvõimele, kutsudes esile hapnikutarbimise pidurdamise. Kahealuselistel fenoolidel on oluline mõju vee värvusele. Piirkontsentratsioon

organoleptilise tunnuse (värvuse) järgi on 0,14 mg/l (Velner jt. 1972, Rätsep 1999, Nei, Koorits 2005).

Peamiseks reostusallikaks on olnud põlevkiviõli ja naftakeemiaproduktide tootmisel tekkivate vedeljäätmete (fuussid, väävlit ja arseeni sisaldavad settid, erinevad destillatsiooni jäägid jm.) koosladeistamine poolkoksi, samuti reostunud vee kasutamine poolkoksi laialiuhutamiseks ning jahutamiseks. Utmisel eralduv fuuss on raskõli ja vee segu tahkete mehhaaniliste lisanditega, mille sisaldus on üle 50%. Fuussides sisalduvas vees on hulgaliselt veeslahustuvaid fenooli, aadikhapet, ketoone, ammoniaaki, jt ühendeid. Kuna fuusside ladestuskohad ei vastanud nõuetele, siis varasematel aastakümnetel valgusid ohtlikud ained keskkonda, filtreerudes läbi tammikehade või voolasid üle ääre (Kaasik 1995, Kattai 2003, Veski 2003). Kui arvestada, et fuussid sisaldavad 20% põlevkiviõli, milles on 20% fenooli, arvestatakse, et aegade jooksul on Kohtla-Järve poolkoksimäele jõudnud fuussidega 22400 tonni fenooli (Kaasik 1995, Raukas 2006).

Lisaks on tootmisalalt leitud orgaanilise päritoluga saasteained nagu näiteks tolueen, ksüleenid, stüreen, naftaleen, PAH-ühendid (Raukas 2006, Kaasik 1995). Kõige enam mõjutab Kohtla-Järve poolkoksimäe ümbruse veekeskkonda mäe ümbritsev ringkraav, mille fenoolirikas vesi imbub ka põhjavette (Jansen 2007).

Praeguseks on fuusside järv Kohtla-Järvel ja Kiviõlis likvideeritud ja alates 2008. aastast fuusside ladestamist enam ei toimu. Vähesel määral õlitustamisest tekkivad fuussid transporditakse Kunda tsemenditehasesse põletamiseks. Peale ladestamistehnoloogia muutmist vähenes poolkoksimägedest pärinevad saastehulgad oluliselt. VKG AS territooriumilt hinnati 2008. a ära juhitud nõrgvees keskmiselt lenduvaid fenooli 0,072 mg/l, kahealuselisi fenooli kuni 0,105 mg/l, naftasaadusi kuni 0,83 mg/l ja sulfiide – kuni 0,36 mg/l (TLÜ ÖI, Kirde-Eesti osakond 2008, Pavlenkova 2010). Suuremad saasteallikad on küll likvideeritud, kuid vähesel määral satub saasteaineid endiselt Purtse jõkke (Maves AS 2008).

2. Ülevaade Purtse jõe reostuse ajaloost

Purtse jõe reostamine ei saanud alguse nõukogude ajal, nagu tavaliselt arvatakse, vaid juba esimese iseseisvuse ajal, kui hakkas tööle põlevkivitööstus Kohtla-Järvel ja Kiviõlis.

Eestis alustati 1916. a põlevkivi kaevandamist ja 1918. a sai alguse Eesti Vabariigi põlevkivitööstus. Riigi Põlevkivitööstus asutati 1922. a, mille valduses oli Kohtla-Järve karjäär, Kukruse kaevandus ja põlevkivi utmise katsetehas, samal aastal asutati ka AS Eesti Kiviõli. Põlevkivist hakati tootma põlevkiviõli, mida kasutati vedurite ja tehaste küttekolletes ning kivisöe kõrval ka gaasi tootmisel gaasivabrikus. AS Eesti Kiviõli rajas 1922. a põlevkivikarjääri praeguse Kiviõli linna piirkonda. 1930. a alustati seal allmaakaevandamist ja esimeste tunnelahjude ehitamist põlevkiviõli tootmiseks. Lühikest aega 1931-1941 tegutses Purtse jõe valgjal ka Kohtla õlivabrik, mille rajas inglise firma "New Consolidated Gold fields Ltd" (Kaasik 1995).

Esimese Eesti iseseisvuse algusaastatel oli Purtse jõgi väga kalarikkas, 1929. aastal püüti sealt vähemalt 523 lõhet (Mikelsaar 1984). Peale seda, kui 1930ndatel hakati Kiviõlis tootma põlevkiviõli, mille tootmise käigus tekkinud reovesi suunati Purtse jõkke, ei kõlvanud jõe vesi enam kohalike inimeste mälestuste järgi ujumiseks ega ka kalade elukohaks. See põhjustas omakorda raske olukorra kohalikele kalameestele, kelle rahateenimise võimalus vähenes (Meister 2011).

Purtse jõe reostus ja sellega kaasnenud probleemid olid juba 1930ndatel piisavalt tähtsad, et seda kajastada mitmetes ajalehtedes. Juba toona nõuti jõe reostamise lõpetamist ja käidi riigijuhtide juures abi palumas probleemi lahendamiseks. Purtse kalamehed pöördusid 1932. a Vabariigi Valitsuse poole küsimusega, mida riik kavateb ette võtta, et AS Kiviõli lõpetaks oma vabriku reovee laskmise kalapüüdmise seisukohalt tähtsasse Purtse jõkke (ERA.80.4.1210). Õlivabrikute reovete pärast kadus jõest lõhe ja kalurid jäid võlgadesse (Lõhepüüdjad...1937, Purtse...1938a). Põllutöoministeeriumi, kalanduskoja ja vallavalitsuse esindajast koosnevas komisjonis võeti 1938. a vastu otsus, mille alusel vähendati kalurite võlakoorust, kuna võlgades ei olnud süüdi kalurid ise (Purtse ... 1938b). Siiski üks esimesi küsimusi, mida majandusministeerium peale 1940. a riigipööret lahendas, oli Purtse kalurite allesjäänud võlaprobleemid (Purtse...1940).

Pärast Teist maailmasõda kehtisid Nõukogude Liidus ranged sanitaarkaitseenormid, kuid kuna neid täideti valikuliselt, siis veekogude vee kvaliteet halvenes jätkuvalt. Purtse, Kohtla ja Erra jõed muutusid Kohtla-Järve tööstuspiirkonna heitvee kanaliteks. Samuti halvenes põhjavee kvaliteet, mistõttu maapinnalähedaste põhjaveekihtide vesi ei sobinud enam joogiveeks. Põlevkivi kaevandamine ja kaevanduskäikude rajamine muutis jõgede ja põhjavee režiimi täielikult (Velner jt. 1972, Velner 2003).

Velner jt (1972) järgi juhiti põlevkivitööstuse heitveed (kuni 50 000-70 000 m³/ööpäevas), mis sisaldasid keskmiselt 15 tonni õli ning tõrva ja 4 tonni fenooli ööpäevas, otse või jõgede kaudu Soome lahte. Erra jõkke suunati praktiliselt kõik Kiviõli Põlevkivikombinaadi heitveed, millede ööpäevane hulk ulatus 20 000 m³ ööpäevas. Purtse jõkke suundus Erra jõe kaudu ööpäevas 500-1100 kg lenduvaid fenooli ning 1-8 tonni õlisid-vaike. Seetõttu oli Erra jõesäng täidetud 20-30 cm paksuse õli-vaigukihiga. Erra jõe tõrvased heitveed valgusid 0,3 km enne Purtse jõkke suubumist karstilõhede kaudu aluspõhja tühimikesse. Kohtla jõkke suunasid osaliselt oma heitveed Kohtla-Järve Lenini-nimeline Põlevkivitöötlemise Kombinaat (praeguse AS VKG eelkäija) ja Lämmastikväetisetehas. Kraavide kaudu suunati jõkke ööpäevas kuni 1000-2000 m³ heitvett, mis sisaldas 50-250 mg/l lenduvaid fenooli ja 70-80 mg/l õlisid (kõrghetkedel kuni 3000 mg/l), seega ööpäevas kanti jõevetega ära kuni 2,5 tonni lenduvaid fenooli ja kuni 5 tonni õlisid (Velner jt. 1972). 1985. a juunis teostatud uuringutulemuste põhjal juhiti ööpäevas fenooli Kohtla jõkke 1580 kg, sh lenduvaid fenooli 804 kg, maksimaalne fenoolisisaldus oli Kohtla jões 42,0 mg/l ja Purtse jões keskmiselt 4 mg/l (Otsa jt 1985 viidatud Ida-Virumaa ... 1994). 1990ndate aastate alguseks (Randla, Vilu 1994) oli Purtse jõest läbiminevad saasteainete kogused oluliselt väiksemad, kui Velner jt (1972) poolt hinnatud kogused. Randla ja Vilu (1994) järgi kandus Kohtla-Järve ja Kiviõli piirkonda põlevkivikeemiatööstustest Soome lahte igal aastal 550 tonni fenooli, rohkem kui 400 tonni ammoniumi ning ligi 240 tonni tõrva ja õlisid. Kõige ohtlikumaks peeti keemiakombinaatide poolkoksimägede drenaaživett. Arvestati, et aastas satub poolkoksimägedest veega loodusesse üle 400 tonni fenooli, 33 tonni tõrva ja õlisid ning rohkesti muid ohtlikke ühendeid (Randla, Vilu 1994). Lisaks reostasid Kirde-Eesti keemiaettevõtted pinnast ja põhjavett tolueeni ja teiste ohtlike naftasaadustega (Raukas 2006). Mere reostuskoormus ulatus kuni 10 km kaugusele (Velner jt. 1972).

Loigu jt (2011) kirjeldab põlevkivitööstuse reovett kui iseloomuliku intensiivse värvusega ja ebameeldiva lõhnaga vedelikku, millel on kõrge hapendumus ning spetsiifiliste ainete

(fenoolid, õlid, ammoniaak, bensopüreen, reortsiin jt) sisaldus. Pinnavees halvendavad need veekogu hapnikurežiimi, vee organoleptilisi omadusi, mõjuvad toksiliselt ökosüsteemidele ja on veekasutajale kantserogeensed (Velner jt. 1972).

Peale Teist maailmasõda hakati Kohtla-Järve linna ja keemiatööstuste ning kaevanduste juurde rajama esimesi reoveepuhastusseadmeid. Puhastusseadmed, mis Kohtla-Järve Põlevkivikeemiakombinaat 1957. a käiku andis, olid üleliiduliste tüüpprojektide järgi ehitatud kõrgbiofilterseadmed. Keemiakombinaadist tulnud heitvesi töödeldi koos Kohtla-Järve olmeveega aerotankides ja juhiti seejärel Soome lahte. Kohtla-Järve Põlevkivikeemia tootmiskoondist need seadmed aga edasipidi ei rahuldanud. 1978. a Kohtla-Järve heitveepuhasti rekonstrueeriti, kuid tehnoloogilise protsessi ja aktiivmuda (aerotankis) kohandamine keemiatööstuse heitproduktide töötlemiseks on olnud probleemiks kogu puhasti eksisteerimise ajal. Poolkoksimäe kogunenud nõrgvesi juhiti puhastamata koos sademeveega Kohtla jõkke ning edasi Purtse jõe kaudu merre (Velner 2003).

1966-1970-ndatel hakati uurima ja passistama reostusallikaid, mille reovee ööpäevane kogus ületas 5 m³. Sealhulgas alustati ka Purtse jõe reostuse seiramist. Reostusallikate kohta koostati asukoha ja ärajuhtimise skeem ning hinnati reostaja mõju veekogule (Loigu jt 2011, Raukas 2006, Velner 2003).

Mõnel määral muutus suhtumine Purtse jõe reostamisse koos perestroikaga. Näiteks 1987. a Kohtla-Järve põlevkivikombinaat sai trahvi selle eest, et mitmendat aastat järjest reostati tehase heitveega Kohtla jõge. Samuti kannatas Kohtla jõe ummistuse ja heitvee ärajuhtimise kanali üleujutuse tõttu ümbritsev mets, metsamajandile tekitatud kahju ületas 27 tuhandet rubla. Ettevõttele tehti ettekirjutus rakendada abinõud kiireks looduse reostamise lõpetamiseks (Lõpetada ... 1987).

Taasiseseisvunud Eestis hakati Purtse jõe keskkonnaprobleemidega väga aktiivselt tegelema. Poolkoksimägede nõrgvee kogumisbasseinide käikulaskmisega 1997. a vähenes üldine reovee sisselask Kohta jõkke ja vähenes fenoolireostus Purtse jões. Veekindlalt isoleeriti ka endise Kiviõli Põlevkivikeemiatehase all asuv kaevandus-õu ülejäänud kaevandatud alast, suletud kaevandusest oli õli- ja fenoolireostus välja uhitud. Jökke voolava vee saasteainete sisaldus vähenes seeläbi kuni kolm korda (Rätsep 1999).

Peale 2002. a lõpetati ka fuusside saatmine Kohtla-Järve poolkoksimäele (Kattai, 2003, Jansen 2007). Kuid vaatamata tehnoloogiamuudatustele põlevkivikeemiatööstustes on Purtse jões endiselt probleemiks naftasaaduste- ja fenoolireostus. Näiteks 2010. a septembris uuringu käigus avastatud ühealuseliste fenoolide sisaldus Kohtla jões oli 11,5 µg/l (Roots, Nõmmsalu 2011).

Airi Saarmäe (2012) hindas oma magistritöös fenoolide reostuse dünaamikat Kohtla jões aastatel 2000-2011 ja analüüsis keemiatööstuse mõju Kohtla jõe. Andmete analüüsist selgus, et Kohtla jõe alamjooksul olevast lävendist mõõdetud ühe- ja kahealuseliste fenoolide kontsentratsioonid on kuni 2005 aastani langenud ja peale seda stabiliseerunud suhteliselt ühtlasele tasemele jäädes keskmiselt alla 10 µg/l. Sellist langust seostati Eesti liitumisega Euroopa Liiduga, millega kaasnesid karmimad keskkonnanõuded. Aastani 2004 mõõdeti üksikuid ekstreemseid kontsentratsioone, mis tõstsid omakorda aasta keskmist kontsentratsiooni. Kuigi Kohtla jõe olukord on tunduvalt paranenud sisaldab selle jõevesi endiselt üle normatiivide ohtlikke ühendeid (Saarmäe 2012).

Kuna praeguseks põlevkivitööstuse reovett enam otse jõkke ei juhita, siis arvatakse, et naftasaaduste ja fenoolireostus on seotud põlevkivitööstuse jääkreostusega. AS Maves (2008) poolt teostatud uuringu käigus selgus, et viimase 30 aasta jooksul on kiirevoolulistel jõelõikudel vähenenud reostus naftasaaduste jääkidega. Jõekallastel on naftasaaduste jääkide väljad jäänud mullakihtide ning peale kasvanud taimestiku alla. Samas on osaliselt vee all säilinud vedel naftasaadustega reostunud muda, millega on kõige rohkem probleeme jõesetete kuhjumiskohtades. Tänapäevaks on Purtse alamjooks põlevkiviõlijääkidest valdavalt puhastunud ja jõe keemiline seisund allpool Erra ja Kohtla jõgede suubumist paraneb pidevalt (Maves AS 2008, Ida-Eesti...2010).

Fenooliheidete edasiseks vähendamiseks on määratud põhimeetmed Vabariigi Valituse otsusega „Vette suunatavate fenoolide heidete vähendamise riiklik programm aastateks 2004-2014.“ Ida-Eesti veemajanduskava (2010) järgi peetakse vajalikuks Purtse jõe vesikonna reostatud alade puhastamist, sealhulgas Erra ja Kohtla jõgede sängide ja kallaste puhastamine pigijääkidest. Veekogumite jaoks tuleks kehtestada eraldi seireprogramm ja selle alusel hinnata rakendatud meetmete tõhusust ning perioodiliselt korrigeerida meetmekava nende kogumite seisundi parandamiseks (Ida-Eesti...2010). Peale Kiviõli ja Kohtla-Järve

poolkoksimägede sulgemise projekti lõppu 2015. a peaks fenoolireostus veelgi vähenema (Jansen 2007).

3. Seadusandlus

Eesti Vabariigi (1918-1940) teisel kümnendil loodi ja arendati veemajanduse ja veekaitse õiguslikke aluseid. Veeseadus puudus, kuid seda asendas veealaste õigusaktide kogum. Õigusaktid hõlmasid veekogude omandisuhteid, veekogude kaitset reostamise eest ja maaparandust. 1939. aastaks valmistati mahukas ja üksikasjalik tsiviilõiguse seaduse eelnõu, milles oli põhjalikult sätestatud veekaitse ja -majandamise küsimused. Teise maailmasõja tõttu jäi see vastu võtmata ning leidis osaliselt rakendamist alles taasiseseisvunud Eesti Vabariigis 1992.-1993. aastal asjaõigusseaduse eelnõu koostamisel. Pärast sõda kehtestati Eesti NSV ehitusnormid ja eeskirjad ning sanitaarkaitseenormid, mida, nagu eelpool mainitud, täideti valikuliselt (Velner 2003).

Nõukogude ajal loeti veekogu reostatuks, kui kas või üks veekogu kasutamiseviisidest osutus võimatuks vee kvaliteedi halvenemise tulemusena. Reostusastme määramisel olid põhilisteks näitajateks veekogude hapnikurežiim, hõljuvainete hulk, organoleptilised omadused (lõhn, maitse jne) ja mürkainete sisaldus. Samuti ei tohtinud veepinnal olla nafta-, õli- ja rasvakihti ega prügi. Veekogud jaotati nõuete ranguse järgi nelja kategooriasse. Kõige rangemad nõuded olid veekogudel, mida kasutati tsentraliseeritud veeallikana, samuti kalamajanduslikult eriti tähtsatel veekogudel (vääriskalade kasvatamiseks). Vähem rangemad nõuded esitati linnade ja asulate piirides asuvatele ning sportimisel ja puhkusel kasutatavatele veekogudele. Tööstuslikuks ja põllumajanduslikuks otstarbeks kasutatavale veekogudele puudusid nõuded (Kaljumäe jt 1967).

Praegu kehtiv keskkonnaministri 09.09.2010 määrus nr 49 „Pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtused ja nende kohaldamise meetodid ning keskkonna kvaliteedi piirväärtused vee-elustikus“ kehtestab pinnavees ohtlike ainete, sealhulgas prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete ning mõnede teiste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused. Määrusega on lubatud maismaa pinnavees ühelauselisi fenooli 1 µg/l, kaheelauselisi fenooli ja naftasaaduseid 10 µg/l (RT I 2010, 65, 484).

Keskkonnaministri 28. juuli 2009. määrusega nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord” kehtestatakse muuhulgas pinnaveekogumite seisundiklassid, ökoloogilise ja keemilise seisundi klassid, seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused nagu ka pinnaveekogumite nimestik, mille seisund tuleb määrata (RTL 2009, 64, 941). Veekogumite koondseisund järgi kuulub Purtse jõgi 2012. a andmete alusel kuni Ojamaa jõeni heasse seisundiklassi, kuid alates Ojamaa jõest kuni suudmeni on seisundiklass halb. Erra jõgi hinnati halba seisundiklassi ja Kohtla jõe seisund oli kesine (Veekogumite...2013).

4. Andmete kogumine

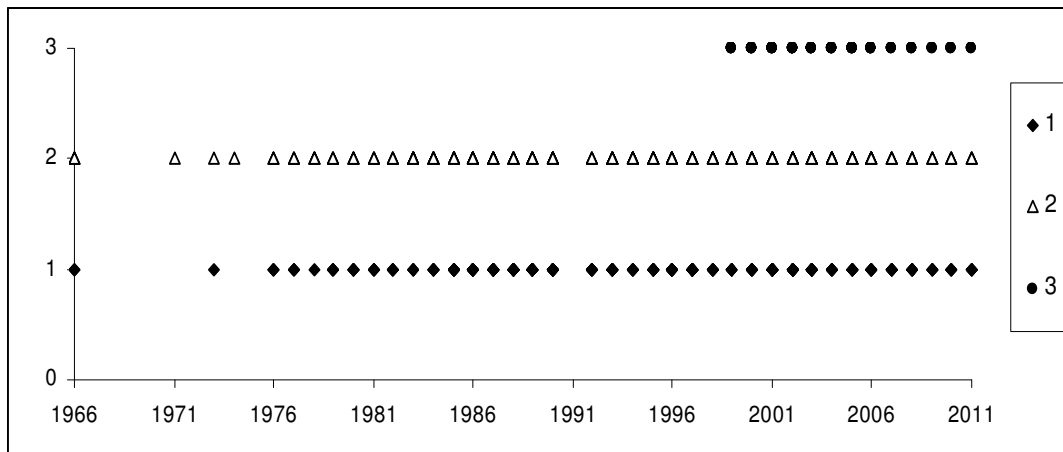
Käesolevas töös kasutatud andmed on põhiliselt saadud Keskkonnateabe Keskusest ja Keskkonnaagentuurist (edaspidi KAUR).

1) KAURi raamatukogust saadi 1965-1990. a Eesti NSV pinnaveekogude keemilise seisundi bülletäänid (Гидрохимический Бюллетень 1967, Бюллетен о ... 1971-1978, Гидрохимический ... 1979-1983, Ежегодные ... 1987-1991). Need sisaldasid Purtse, Kohtla, Erra ja Ojamaa jõe naftasaaduste ja fenoolide sisalduse taset, mille andmed töö autor digiteeris. Perioodi 1992-2011 Purtse jõe hüdrokeemilised andmed saadi Keskkonnateabe Keskusest. Joonisel 1 on välja toodud Tallinn-Narva mnt silla lävendis (Joonis 2) saasteainete mõõtmisperioodid ning nagu joonisest on näha algasid katkematud mõõtmised alles 1976. a. Käesolevas töös ei kasutatud 1991. a andmeid, kuna neid ei leitud KAURst ega Keskkonnateabe Keskusest.

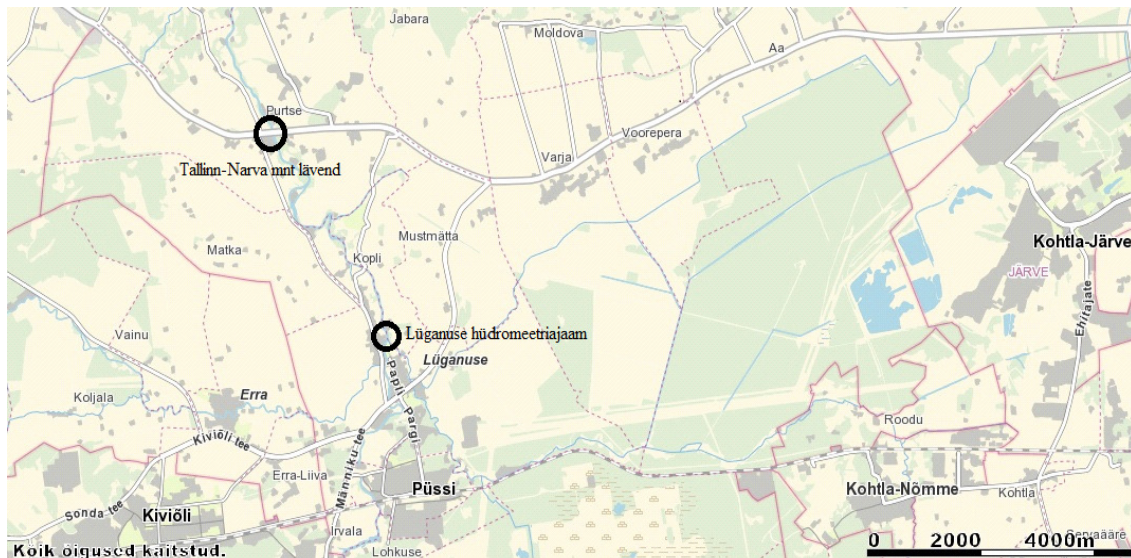
2) Professor Jaak Jaaguse käest saadi Jõhvi meteoroloogiajaamas mõõdetud sademete andmed mida lisaks täiendati KAURst saadud andmetega. Lüganuse sademete andmeid ei kasutatud, kuna Lüganuse hüdromeeriajaamast saadud andmed ei katnud kogu uuritavat perioodi

3) KAURst saadi 1966-2011. a. Jõhvi meteoroloogiajaamas mõõdetud õhutemperatuuri andmed, mis edastati töö autorile elektrooniliselt.

4) Keskkonnateabe Keskusest saadi 1960-2011. a Lüganuse hüdromeetriaajaamas (Joonis 2) mõõdetud äravoolu andmed, mis edastati töö autorile elektrooniliselt.



Joonis 1. 1966-2011 a. saasteainete mõõtmisperioodid Tallinn-Narva mnt silla lävendis (1 – naftasaadused, 2 – ühealuselised fenoolid, 3 – kahealuselised fenoolid)



Joonis 2. Tallinn-Narva mnt silla lävendi ja Lügenuse hüdromeetriaajaama asukoht (Maa-ameti kaardirakendus)

Peale kõikide lävendite andmete sisestamist selgus, et kõige rohkem ja järjepidavamad andmed olid Tallinn-Narva mnt silla lävendis. Seetõttu on töös kasutatud ainult sellest punktist võetud analüüside tulemuste naftasaaduste ja fenoolide sisalduse kohta. Saasteainete näitajaid on Purtse jõest Narva mnt silla lävendis uuritud olenevalt aastast 1-15 korda. Näiteks

1980ndate teisel poolel võeti aastas 11-12 proovi, 1990ndatel analüüsiti fenooli keskmiselt 15 korda aastas. Kahealuselisi fenooli hakati uurima alles 1999. aastast. Alates 2009. analüüsiti ühealuselisi ja kahealuselisi fenooli ning naftasaadusi neli korda aastas. Tabelis 1 on esitatud Tallinn-Narva mnt silla lävendis erinevate perioodide proovivõttude arv. Mõõtmiste arvud, mis on toodud Tabelis 1, algavad 1973. a, mil mõõtmisi hakati teostama järjepidevalt. Tabelis välja toodud erindid kontsentratsioonid, mis ületavad 90-protsentiili (vt ptk Andmete analüüs).

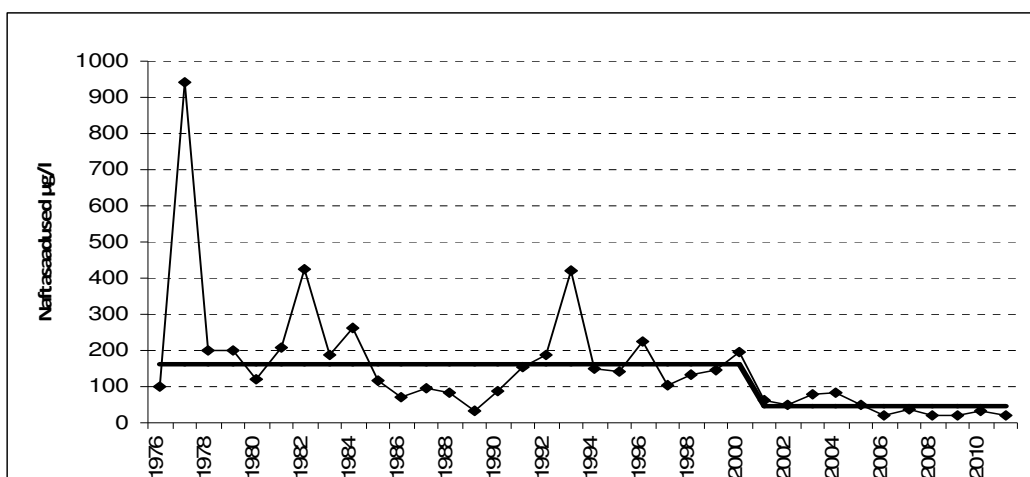
Tabel 1. Proovivõttude arv erinevatel perioodidel Tallinn-Narva mnt silla lävendis. Tulbas „Erindid“ on näidatud proovivõttude arv, mille korral kontsentratsioon/kogus ületavad 90-protsentiili.

Saasteained	1973-2000	Erindid	2001-2011	Erindid
Naftasaadused	171	16/17	80	8
Ühealuselised fenoolid	231	23	101	10/11
Kahealuselised fenoolid	23	3	101	8/10

5. Andmete analüüs

5.1. Perioodid

Kuna viimastel kümnendil on Purtse jõe saasteainete kontsentratsioonid oluliselt vähenenud (Joonis 3), siis andmeanalüüsi jaoks on oluline eristada erineva saastetasemega perioode.



Joonis 3. Režiiminihe naftasaaduste kontsentratsiooni geomeetrilises keskmises 1976-2011 (Olulisustase = 0,1, löike löigu pikkus = 10, Huberi kaaluparameeter = 1, vt. Sepp 2011).

Kuna kõige järjepidavamad andmed on naftasaaduste kontsentratsioonide kohta ja kuna need seostuvad hästi fenoolide kontsentratsioonidega (vt ptk 6,2), siis periodiseerimisel on aluseks võetud naftasaaduste andmed.

Siiski tuleb tõdeda, et naftasaaduste andmed on „auklikud“. Tallinn-Narva mnt lävendis analüüsiti Purtse jõest naftasaadusi 1966. a 5 korral, seejärel järgnesid 1971. a, 1973. a ja 1974. a, kus naftasaadusi analüüsiti ainult ühes proovis. Kuna perioodide eristamiseks kasutatud STARS meetod (Sepp 2011) vajab järjepidevat, ilma tühimiketa aegrida, siis sellised andmed katavad perioodi 1976. a kuni 2011. a. Kuna 1991. aasta andmed ei olnud kättesaadavad, siis tühimiku täitmiseks arvutati kogu aegrea aritmeetilise keskmine ning see tulemus määrati 1991. a väärtuseks. Perioodide jagamisel kasutati aegreana Purtse jõe naftasaaduste kontsentratsiooni aasta geomeetrist keskmist, kuna naftasaaduste

konsentratsioonid kõiguvad väga suurtes vahemikes (nt 9.03.1977 2950 µg/l ja 5.11.2008 20 µg/l) ja üksikud kõrged konsentratsioonid moonutavad aritmeetilist keskmist. Geomeetriline keskmine näitab mitu korda üks väärtus teisest erineb (Aarma, Vensel 2005), mis tähendab, et geomeetrilise keskmise puhul „surutakse alla“ kõrgete väärtuste mõju keskmisele. STARS meetodi järgi eristus kaks perioodi: esimene periood 1976-2000 ja teine periood 2001-2011 (Joonis 3). Järgnevalt uuritakse nende kahe perioodi naftasaaduste ja fenoolide konsentratsioone ning koguseid.

Peale naftasaaduste geomeetrilise keskmise arvutamist leiti, et väga suurte konsentratsioonide mõju keskmisele on endiselt suur (1977. a geomeetriline keskmine 943 µg/l, Joonis 3). Seetõttu otsustati, et analüüsis kasutatakse vaid konsentratsioonide ja koguste 90-protsentiili. Kõik 90-protsentiili piiri ületanud kogused ja konsentratsioonid kuulutati erinditeks, võeti andmetest välja ning analüüsiti eraldi. Esimesel perioodil oli naftasaaduste konsentratsiooni erindite piiriks 650 µg/l, ühealuselise fenoolidel 422,6 µg/l ja kahealuseliste fenoolidel 27,9 µg/l. Teisel perioodil oli naftasaaduste konsentratsiooni erindite piiriks 121 µg/l, ühealuseliste fenoolidel 7,83 µg/l ja kahealuseliste fenoolidel 4 µg/l. Koguste puhul olid vastavad piirid esimesel perioodil 4,147 g/s, 2,262 g/s ja 0,115 g/s ning teisel perioodil 1,087 g/s, 0,069 g/s ja 0,049 g/s.

5.2. Ilmastikunäitajad ja äravool

Sademed

Antud töös kasutati Jõhvi meteoroloogiajaamas mõõdetud 5 päeva keskmist sademete hulka (mm), kuhu arvestati proovivõtupäeva ja nelja eelneva päeva sademete andmeid. Eeldame, et selle aja jooksul jõuavad sademed proovivõtupäevaks jõkke ja mõjutavad saasteainete konsentratsiooni.

Õhutemperatuur

Sarnaselt sademetele kasutati Jõhvi meteoroloogiajaamas mõõdetud 5 päeva õhutemperatuuri (°C) andmeid ning arvutati proovivõtupäeva ja sellele eelnenud nelja päeva keskmine

õhutemperatuur. Eeldame, et 5 päeva õhutemperatuur määrab ära proovivõtupäeva veetemperatuuri. Võib oletada, mida kõrgem veetemperatuur, seda paremini lahustuvad naftasaadused ja fenoolid ning nende kontsentratsioon on kõrgem.

Äravool

Töös kasutati Purtse jõe äravoolu (m^3/s) andmeid, mis olid mõõdetud Lüganuse hüdromeetriaajas. Analüüsimisel kasutati kolme äravoolu näitajat: proovivõtupäeva äravool, 5 päeva keskmise äravool ja proovivõtukuu keskmine äravool. 5 päeva keskmise äravoolu puhul arvutati sarnaselt ilmastikunäitajatega proovivõtupäeva ja nelja eelneva päeva äravoolu keskmine.

5.3. Analüüs

Kõige pealt sorteeriti välja kuude kaupa proovivõttude väärtused ja arvutati kuu keskmised kontsentratsioonid. Saasteainete koguste (g/s) arvutamiseks korrutati omavahel kontsentratsiooni ja mõõtepäeva äravoolu andmed. Ka koguste puhul leiti kuu keskmised saastekogused, mis läbisid Tallinn-Narva mnt silla lävendi. Joonisel 2 on näha, et Tallinn-Narva mnt lävendi ja Lüganuse hüdromeetriaama vahelisel jõe lõigul ei suubu Purtse jõkke suure vooluhulgaga lisajõgesid, mis muudaksid Tallinn-Narva mnt lävendit läbivat vooluhulka. Sellest järeldub, et kuigi hüdromeetriaposti ja Tallinn-Narva mnt lävendi vahel on ca 3,5 km, siis võimalik viga saasteainete koguste arvutamisel ei ole suur.

Järgmiseks leiti korrelatsioon proovivõtu päevadel mõõdetud saasteainete kontsentratsioonide ja koguste ning ilmastikunäitajate ja äravoolu vahel. See tähendab, et naftasaaduste kontsentratsiooniga (Tabel 1) kõrvutati iga proovivõtmispäeva jaoks arvutatud õhutemperatuuri, sademete ja äravoolu näitajad. Sama tehti ühe- ja kahealuseliste fenoolide puhul, kuid tuleb arvestada, et alati ei langenud saasteainete proovivõtupäevad kokku. Eeldame, et iga proovivõtutulemus on sõltumatu muutuja. Naftasaaduste puhul analüüsi eraldi veel talvel (detsember kuni veebruar) ja suvel (juuni kuni august) võetud proove.

Kuna töös kasutatud saasteainete andmed ei vastanud normaaljaotusele, siis andmete analüüsil kasutati Kendalli korrelatsiooni (Kendall 1955 viidatud www.XLSTAT.com). Statistiliseks

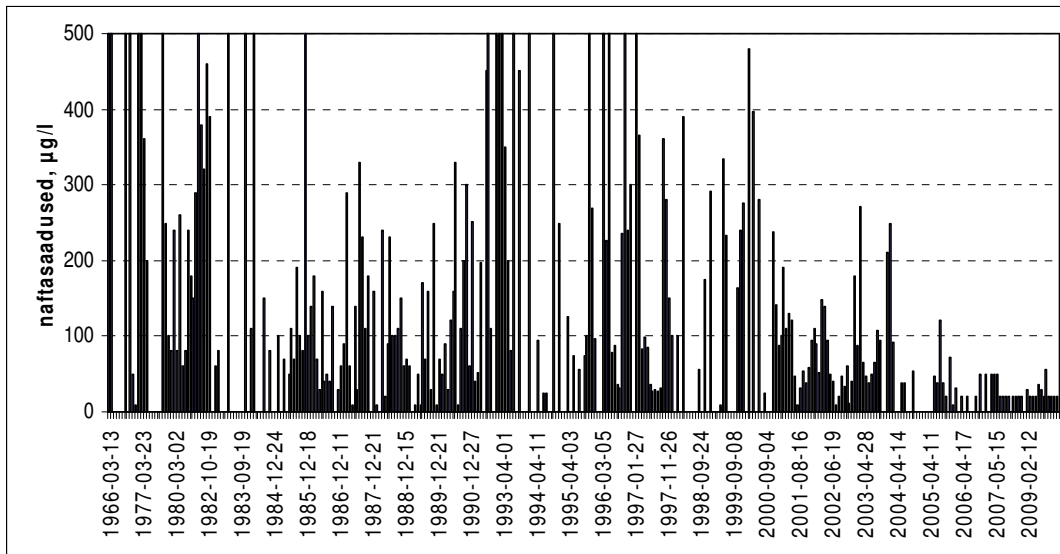
usaldusväärsuseks on valitud 95%. Kendalli korrelatsiooni arvutamiseks kasutati Exceli makrot XLSTAT 2011 (www.XLSTAT.com).

6. Tulemused ja arutelu

Purtse jõe saastet iseloomustas 1960ndatest 1990ndateni naftasaaduste ja fenoolide sisalduse väga kõrge üldine tase ja sagedased „avariijuhtumid“ mille korral kontsentratsioonid ulatusid tuhandetesse mikrogrammidesse liitri kohta (Joonis 4). Kõige kõrgem naftasaaduste kontsentratsioon 15600 µg/l oli Purtse jões mõõdetud 13.03.1966 (Гидрохимический Бюллетень 1967). Kõige kõrgem fenoolide kontsentratsioon 1320 µg/l (Бюллетен о ... 1973) oli mõõdetud 20.02.1973. Alates 2000. a on saastetase üldiselt vähenenud, „avariijuhtumid“ on muutunud harvemaks ning nende juhtumite saastetase on oluliselt väiksem. Seda on ka näha Jooniselt 4, kus naftasaaduste kontsentratsioonid ei ületa 300 µg/l ja fenoolide kõrgeim kontsentratsioon 75 µg/l oli 27.11.2000. a.

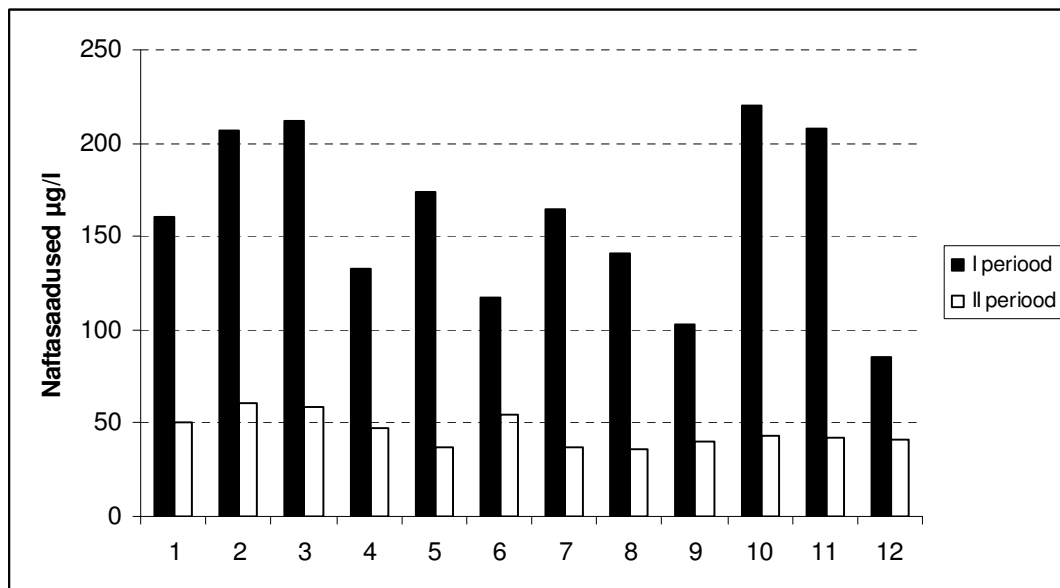
Alates 2006. a oli naftasaaduste kontsentratsioonid peaaegu kõikidel mõõtmiskordadel 20 µg/l. Seega naftasaaduste tase ületab lubatud piirnormi endiselt kaks korda. Sarnane tendents on täheldatav ka fenoolide puhul. Keskkonnateabe Keskuse andmete alusel on alates 2000. - 2006. a üldiselt fenoolide tase 0,5 µg/l ja alates 2007. a oli tase 4 µg/l. Sellise ootamatu tõusu põhjus on autorile teadmata. Järelepärimisele Eesti Keskkonnauuringute Keskusest OÜ, kus Purtse jõe veeproove analüüsitakse, vastati, et viimaste aastate jooksul ei ole nende analüüsi meetoodika muutunud (Mõts 2013).

Tuleb arvestada, et nõukogude ajal võis proovide võtmise ja nende analüüsimise vaheline aeg olla väga pikk (Järvet 2013), nt 13.03.1966 võetud proovi analüüsiti alles 28.05.1966 (Гидрохимический Бюллетень 1967). Kuna selle aja jooksul võisid naftasaadused ja fenoolid bakterite ja fotooksüdatiooni toimel laguneda (Mõts 2013), siis võib oletada, et paljudel juhtudel oli tegelik saastetase oluliselt kõrgem, kui trükis avaldatud kontsentratsioonid.



Joonis 4. 1966-2011.a naftasaaduste kontsentratsioonid mõõtekordade kaupa. Kõik väärtused, mis ulatuvad 500 µg/l, ületavad tegelikult selle piiri.

6.1 Naftasaadused

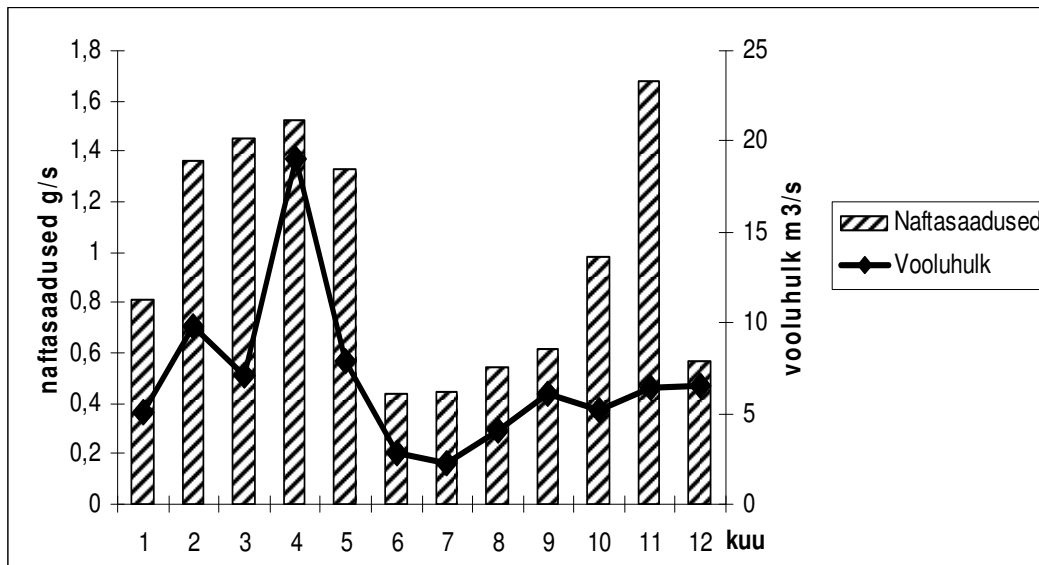


Joonis 5. Naftasaaduste kuukeskmised kontsentratsioonid esimesel (I) ja teisel (II) perioodil. Kontsentratsioonid on välja toodud ilma erinditeta.

Joonisel 5 on näha, et teisel perioodil on naftasaaduste kontsentratsioonid oluliselt väiksemad, kui esimesel perioodil. Esimesel perioodil on suhteliselt kõrged kontsentratsioonid oktoobris ja novembris, mida võiks seostada sügiseste sademetega. Suhteliselt kõrgemad kontsentratsioonid on ka veebruaris ja märtsis, mis on Purtse jões suhteliselt veevaene periood (Joonis 6). Teisel perioodi kuukeskmised järgivad paremini äravoolu aastast käiku, kuigi veebruaris ja märtsis on kontsentratsioonid kõrgemad.

Naftasaaduste koguste ja kõikide äravoolu näitajate vahel on statistiliselt usaldusväärne positiivne seos (Tabel 2). See seos tuleneb sellest, et kogused saadi kontsentratsiooni läbikorrutamisel vooluhulgaga ja seetõttu on see seos tehislik (Joonis 6). Samas näitab see, mida rohkem voolab vett lävendist läbi seda suuremaid saastekoguseid vesi kaasas kannab. Teisel perioodil on kontsentratsiooni positiivne seos ka kuukeskmise jõe äravooluga.

Esimesesl perioodil oli positiivne seos sademete ja koguste vahel. Kuigi see seos ei ole väga tugev, toetab see siiski tähelepanekuid, et vihmasadude ajal uhuti saasteaineid poolkoksimägedelt jõkke (Kaasik 1995, Kattai 2003, Veski 2003).



Joonis 6. Esimese perioodi kuukeskmised naftasaaduste kogused ja Purse jõe pikaajalised kuukeskmised vooluhulgad

Tabel 2. Kendalli korrelatsiooni koefitsiendid esimese (I) ja teise (II) perioodi naftasaaduste (N) kontsentratsiooni ja koguste ning ilmastikunäitajate ja äravoolu vahel. Statistiliselt usaldusväärsed seosed on märgitud jämedas kirjas.

Võrreldavad keskkonnanäitajad	I periood 1973-2000		II periood 2001-2011	
	N g/s	N µg/l	N g/s	N µg/l
Äravool, m³/s	0,38	0,02	0,56	0,10
5 päeva keskmine jõe äravool, m³/s	0,35	0,00	0,54	0,09
Proovivõtukuu keskmine jõe äravool, m³/s	0,40	0,02	0,57	0,25
5 päeva keskmine sademete hulk, mm	0,15	0,07	-0,07	0,00
5 päeva keskmine õhutemperatuur, °C	-0,24	-0,14	-0,22	-0,13

Vastupidiselt eeldatule, oli seos õhutemperatuuriga negatiivne. See viitaks justkui seosele, et mida madalam õhutemperatuur seda rohkem saastet. Antud juhul tuleb arvestada, et nii õhutemperatuuril kui ka äravoolul ja seeläbi saastekogustel on selge aastasisene käik, mis osaliselt vastandfaasiliselt kattuvad. See tähendab, et kui suvel on soe, siis vooluhulgad tavaliselt väga madalad, seega on naftasaaduste ja temperatuuri vaheline seos tehisklik.

Vältimaks aastase käigu mõju, sai arvutatud korrelatsioonid eraldi suvel ja talvel võetud proovidega (Tabel 3). Korrelatsiooni koefitsiendid näitavad, et õhutemperatuuriga ei ole mingeid seoseid, mis tõestab, et tabelis 2 toodud seosed õhutemperatuuriga on tingitud temperatuuri aastasisesest käigust. Tabelis 3 on näha, et kontsentratsioonide ja äravoolu ning ilmastikunäitajate vahel ei ole praktiliselt mingeid seoseid. Erandiks on teise perioodi proovivõtukuu keskmine äravool, mille puhul on positiivne seos nii talvel kui suvel. Sellest võib järeldada, et praegusel ajal on kontsentratsioon pigem seotud jõe üldise veetasemega.

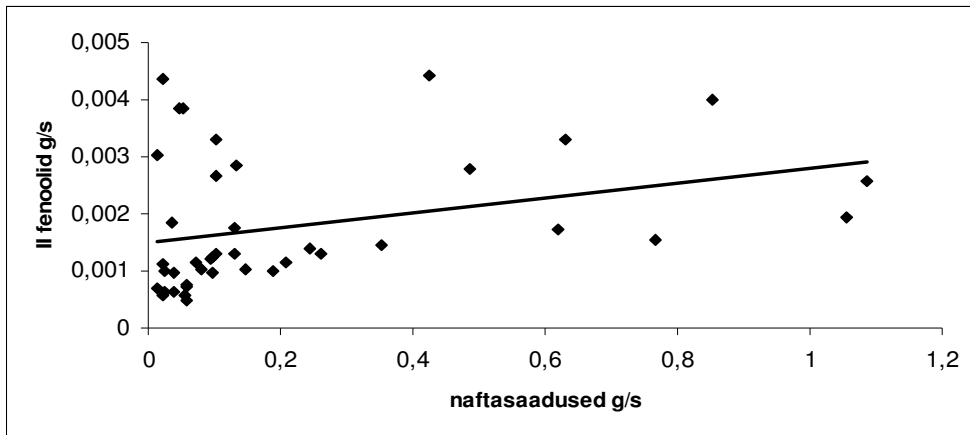
Tabel 3. Naftasaaduste kontsentratsiooni/koguste korrelatsioonid suvel ja talvel esimesel (I) ja teisel (II) perioodil. Statistiliselt usaldusväärsed seosed on märgitud jämedas kirjas.

Võrreldavad keskkonnanäitajad	I periood		II periood	
	Talv	Suvi	Talv	Suvi
	Naftasaadused $\mu\text{g/l}$ / g/s			
Äravool, Q, m^3/s	-0,1/ 0,27	0/ 0,34	0,19/ 0,40	0,2/ 0,5
5 päeva keskmine jõe äravool m^3/s	-0,12/0,20	-0,04/ 0,33	0,16/ 0,40	0,15/ 0,45
proovivõtukuu keskmine jõe äravool m^3/s	-0,05/ 0,27	0,03/ 0,37	0,49/0,42	0,35/0,56
5 päeva keskmine sademete hulk, mm	-0,01/0,13	0,17/ 0,25	0,01/-0,16	0,22/0,18
5 päeva keskmine õhutemperatuur, $^{\circ}\text{C}$	-0,23/0,07	0/-0,11	-0,14/-0,06	-0,2/-0,3

Koguste ja äravoolu vahel on tugevad seosed ka talvel ja suvel. Nagu eelpoolgi mainitud, tuleb ka suvel välja tähelepanuväärne seos esimese perioodi suviste sademete ja koguste vahel.

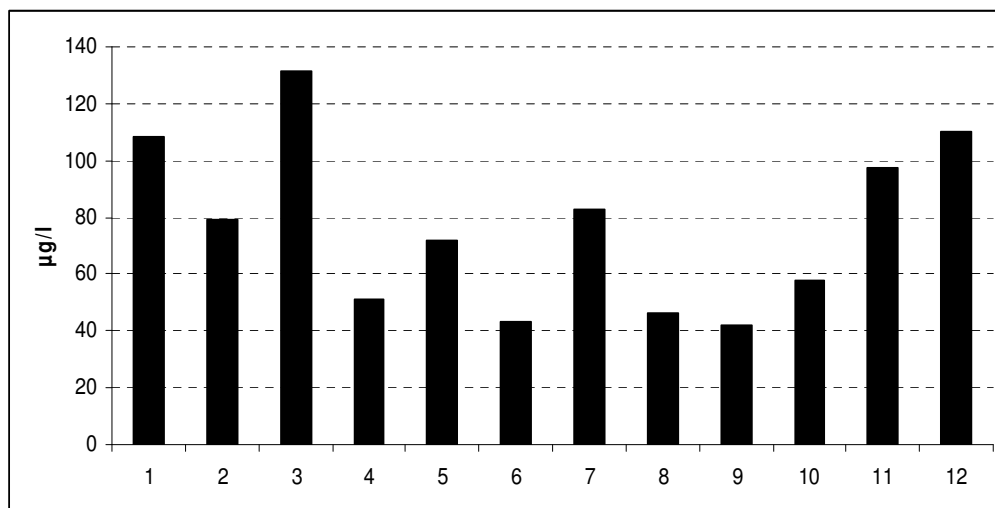
6.2. Ühe- ja kahealuselised fenoolid

Kuna Saarmäe (2012) magistritöös on uuritud 2000-2011 fenoolide statistikat põhjalikult ja naftasaaduste ning fenoolide vahel on statistiliselt usaldusväärne korrelatsioon (Joonis 7), siis järgnevalt on fenoolide osas peatunud põgusalt.



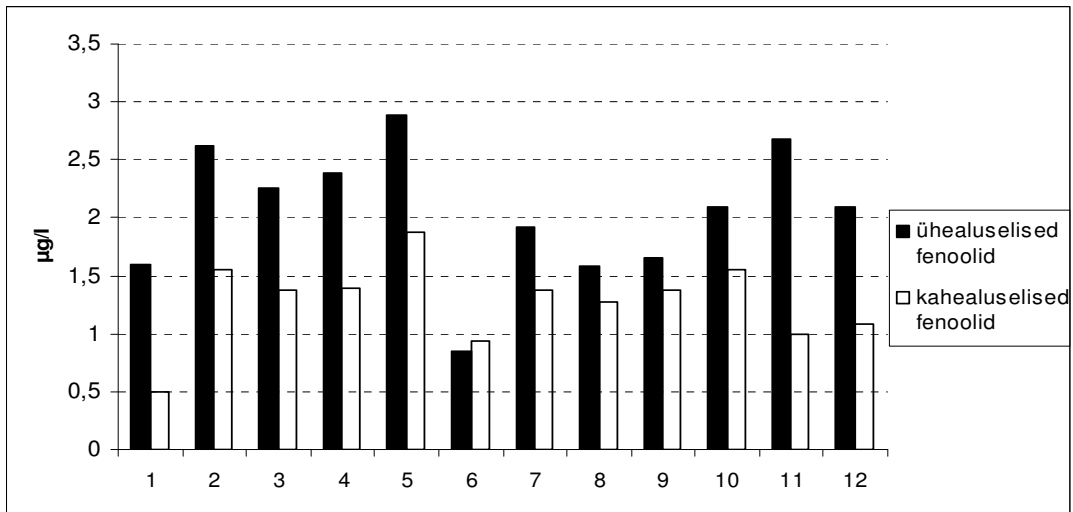
Joonis 7. Naftasaaduste ja kahealuseliste fenooli koguste korrelatsioon teisel perioodil (korrelatsioon $k = 0,34$, seos on statistiliselt usaldusväärne 95% tasemel).

Jooniselt 8 on näha, et fenoolide kuukeskmised kontsentratsioonid esimesel perioodil olid väga kõrged, ulatudes märtsikuus $132 \mu\text{g/l}$. Kuukeskmistes ilmneb selge aastasisene käik: talvekuudel on kontsentratsioonid oluliselt kõrgemad ja suvekuudel madalamad. See läheb kokku Saarmäe (2012) tulemustega, kus kõrged kontsentratsioonid leiti just talvekuudel.



Joonis 8. Ühealuseliste fenoolide kuukeskmised kontsentratsioonid esimesel perioodil. Kontsentratsioonid on välja toodud erinditeta.

Teisel perioodil on ühealuseliste fenoolide kontsentratsioon vähenenud ca 10 korda (võrdle Joonis 8 ja 9). Aastasisene käik on sarnane esimesele perioodile, kus kõrgemad kontsentratsioonid on külmal poolaastal ja madalamad soojal poolaastal. Erandiks on aprill ja mai, mis on kõrgema kontsentratsiooniga kuud.



Joonis 9. Ühe- ja kahealuseliste fenoolide kuukeskmised kontsentratsioonid teisel perioodil. Kontsentratsioonid on välja toodud ilma erinditeta.

Teisel perioodil oli kahealuseliste fenoolide kuukeskmiste aastasisene käik vastupidine: novembrist jaanuarini olid kõige madalamad kontsentratsioonid ja veebruaris, mais ning oktoobris olid kontsentratsioonid kõige kõrgemad.

Kuna esimesel perioodil olid kahealuseliste fenoolide mõõtmisi väga vähe (20, vt Tabel 1), siis kuukeskmiste väärsi ei saa usaldusväärseks pidada, seetõttu ei ole neid ühelgi joonisel kujutatud.

Tabel 4. Kendalli korrelatsiooni koefitsiendid esimese (I) ja teise (II) perioodi fenoolide (I F – ühealuselised fenoolid, II F – kahealuselised fenoolid) kontsentratsioonide ja koguste ning ilmastikunäitajate ja äravoolu vahel. Statistiliselt usaldusväärsed seosed on märgitud jämedas kirjas.

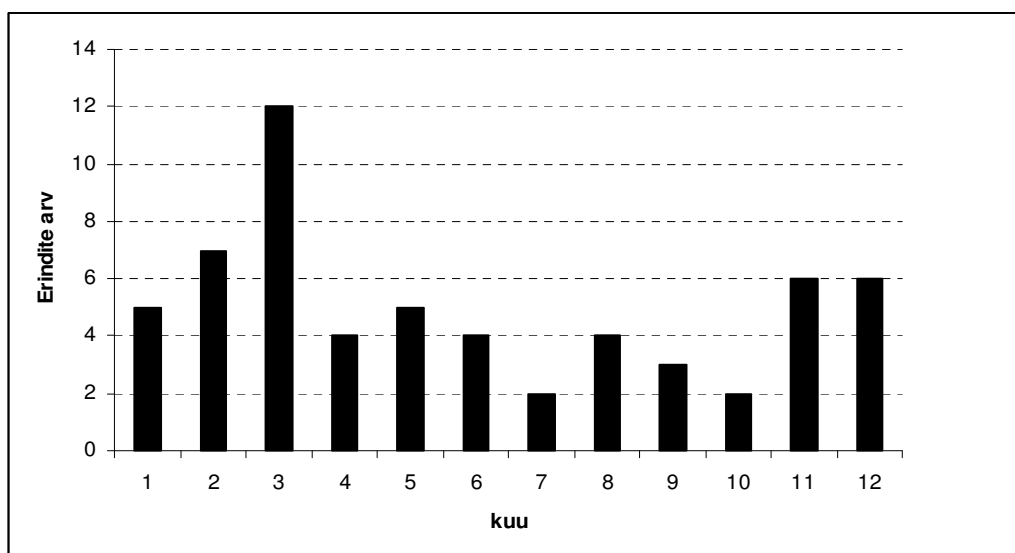
Võrreldavad keskkonnanäitajad	I periood 1973-2000				II periood 2001-2011			
	I F g/s	I F µg/l	II F g/s	II F µg/l	I F g/s	I F µg/l	II F g/s	II F µg/l
Äravool, Q, m ³ /s	0,31	0,13	0,15	-0,01	0,47	0,03	0,60	-0,06
5 päeva keskmine jõe äravool, m ³ /s	0,29	0,11	0,13	0,01	0,44	0,04	0,55	-0,06
proovivõttukuu keskmine jõe äravool, m ³ /s	0,28	0,14	0,26	0,23	0,36	-0,01	0,44	-0,07
5 päeva keskmine sademete hulk, mm	0,04	0,01	-0,08	-0,17	0,10	0,00	0,06	0,01
5 päeva keskmine õhutemperatuur, °C	-0,20	-0,17	-0,03	-0,08	-0,14	-0,10	-0,06	0,04

Sarnaselt naftasaadustele leiti korrelatsioonianalüüsi käigus mõlemal perioodil fenoolide kontsentratsiooni ja koguste positiivne seos äravooluga ning esimesel perioodil negatiivne seos õhutemperatuuriga. Sellest järeldub, et vooluhulga suurenemisel suureneb ka fenoolide sisaldus ning seos õhutemperatuuriga tekib samuti aastasest käigust (Tabel 4).

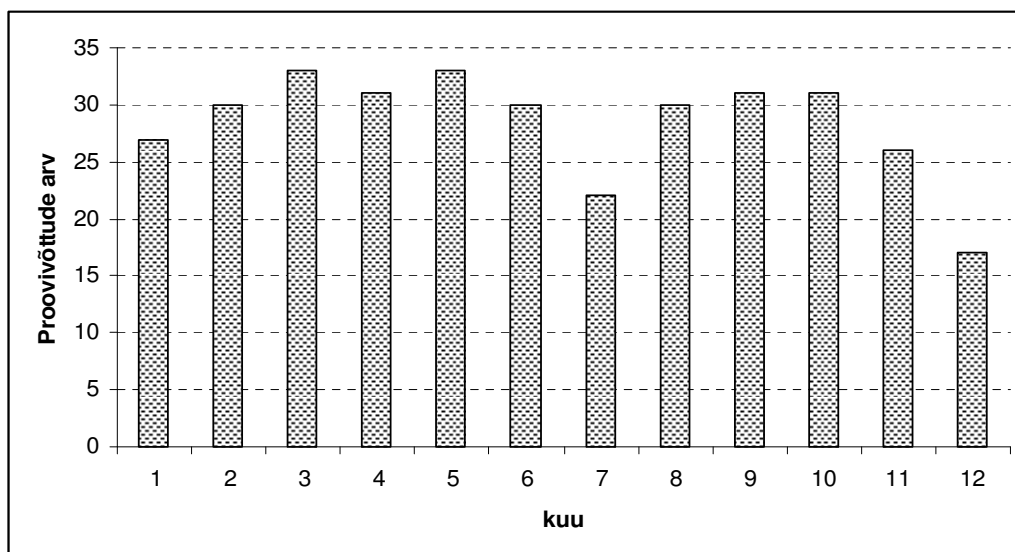
6.3. Erindid

Joonisel 10 on välja toodud erindite arvud kuude lõikes, mis ületasid 90-protsentiili. Kokku loeti nii esimese kui ka teise perioodi naftasaaduste ja fenoolide kontsentratsioonide erindid. Erindite puhul hakkab silma, et kõige enam on neid märtsikuus. Erindite suurt arvu märtsis ei saa seletada näiteks proovivõttude suure üldarvuga märtsis (Joonis 11). Võiks arvata, et mida

tihedamalt võtta mõnes kuus proove, seda suurem on tõenäosus sattuda kõrgematele kontsentratsioonidele.



Joonis 10. Kõikide kontsentratsioonide erindidte arv kuude lõikes.



Joonis 11. Kõikide töös kasutatud proovivõttude arv kuude lõikes.

Võib täheldada, erindite arvu maksimum märtsis läheb hästi kokku esimese perioodi naftasaaduste ja ühealuseliste fenoolide kõrgemate keskmiste kontsentratsioonidega märtsis (Joonis 5 ja 8). Üheltpoolt tähistavad erindid inimese poolt tekitatud avariijuhtumeid, mis ei tohiks olla mõjutatud looduslikest protsessidest ja peaksid ilmnema juhuslikult. Teiselt poolt on keeruline seletada märtsi kõrgeid keskmisi kontsentratsioone, kus erindid on juba välja võetud. Tähelepanuväärne on see, et kõrged kontsentratsioonid esinevad enne kevadist suurvett. Kui võrrelda esimese perioodi naftasaaduste kontsentratsioone (Joonis 5) ja erindite arvu (Joonis 10), siis on märkimisväärne ka see, et oktoobris ja novembris (sügiseste vihmade ajal) olid keskmised kontsentratsioonid kõrged, kuid erindeid nendel kuudel praktiliselt ei olnud.

Erindite kontsentratsioonide ja koguste väärtusi iseloomustab väga suur varieeruvus, eriti esimesel perioodil. Näiteks naftasaaduste kontsentratsiooni puhul on perioodi 1973-2000 erindite keskmiseks 1673 µg/l, miinimumiks 730 µg/l, maksimumiks 3750 µg/l ja standardhälveks 901. Ühealuseliste fenoolide sama perioodi erindite keskmiseks oli 837 µg/l, miinimum 455 µg/l, maksimum 1375 µg/l ja standardhälve 333.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös kogutud andmete alusel võib öelda, et perioodi 2000-2011 keskmisena läbib ühealuselisi fenooale Tallinn-Narva mnt silla lävendit 798 kg aastas. Seda on kümneid kordi vähem, kui varasemate kümnendite kohta avaldatud kogused (Velner jt. 1972, Otsa jt 1985, Randla, Vilu 1994). Samad tendentsid on näha ka naftasaaduste kohta. Kui praegu voolab lävendist läbi keskmiselt 31 tonni naftasaadusi aastas, siis 1960ndatel voolas õlisid Purtse jões 5 tonni ööpäevas (Velner jt 1972). Olukord on varasemaga oluliselt paranenud, kuid osa saastest on endiselt säilinud. Eeldatavasti pärineb see aastakümnete jooksul jõepõhja settinud nn pärandsaastest.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida kuidas mõjutavad äravool ja ilmastikutingimused saastetaset Purtse jões. Eeldasime, mida rohkem sajab, mida kõrgem on õhutemperatuur ja suurem vooluhulk, seda rohkem saastet Purtse jõgi ära kannab. Uurisime kahte erinevat perioodi. Perioodi 1973-2000 iseloomustab see, et saaste sattus tehastest või valgus poolkoksimägedest otse jõkke. Teise perioodi 2001-2011 saastetasemeid Purtse jões iseloomustab pärandsaaste mõju. Vastavalt sellele eeldasime, et esimesel perioodil võiksid saastetasemed olla seotud sademetega, mis uhtusid saastet poolkoksimägedest ja tehaste hoovidest jõkke. Perioodil eeldasime seoseid õhutemperatuuri ja vooluhulgaga, mis soodustaksid pärandsaaste väljauhtumist jõe põhjasetetest.

Korrelatsioonianalüüsi käigus selgus, et esimesel perioodil saasteainete kontsentratsioonide ja meie poolt valitud ilmastikunäitajate vahel seoseid ei olnud. Negatiivsed korrelatsioonid õhutemperatuuri ja saasteainete vahel on pigem tehiskogused, kuna eraldi talve- ja suvekuudel seda seost välja ei tulnud. Oluliseks seoseks tuleb pidada sademete ja naftasaaduste koguste vahel suvel, mis toetab eeldust, et tugevate sademete korral voolas saasteaineid jõkke. Statistiliselt usaldusväärne tugev seos äravoolu ja saasteainete koguste vahel oli etteaimatav, kuid kinnitab ka seda, et mida rohkem vett jões voolab, seda suuremad saastekogused lävendit läbivad.

Kui esimest perioodi iseloomustasid üksikud ülikõrged kontsentratsioonid, siis teist perioodi iseloomustab see, et mõõdetud kontsentratsiooni väärtused püsisid pikka aega ühel tasemel. Seetõttu on loogiline, et teisel perioodil on saasteainete kogused äravooluga tugevalt seotud.

Teisel perioodil on oluline seos naftasaaduste kontsentratsiooni ja kuu äravoolu vahel, mis viitab sellele, et praegusel ajal on saastetasemed seotud pigem jõevee üldise tasemega.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et saasteandmete seosed ilmastikunäitajate ja jõe äravooluga on palju keerulisem, kui alguses sai eeldatud. Saasteandmetes on väga palju juhuslikkust ja võimalik, et ka vigu. Neli korda aastas võetavate proovide alusel ei saa seoste kohta lõplikke järeldusi teha. Kuna nüüd on Purtse jõe pärandsaaste likvideerimine aktuaalne, siis teadmised kuidas saaste käitub erinevates ilmastikutingimustes muutuvad veelgi olulisemaks. Seetõttu tuleks proove võtta tihedamini ning võimalusel saastetasemete mõõtmist automatiseerida.

TÄNUAVALDUSED

Käesoleva magistritöö valmimise eest tänan eelkõige juhendaja Mait Seppa. Lisaks tänan abistamise, andmete edastamise ja heade nõuannete eest prof. Jaak Truud, prof. Jaak Jaagust, Krista Mötsi, Julia Dubovat, Ave Truhanovit, Keskkonnaagentuuri ja Keskkonnateabe Keskust.

SUMMARY

The connections between the pollution level of Purtse river and river flow rate and climatic parameters.

Based on the data gathered in this study we can say, that during the period 2000-2011 an average of 798 kg of monobasic phenols passes the Tallinn-Narva motorway bridge threshold each year.

That is tens of times less than the published amounts for the previous decades. The same trend can also be seen for petroleum products. Currently an average of 31 tons of petroleum products flows through the threshold per year. In the 1960s the amount of oils flowing in the Purtse river was five tons per day. The situation has considerably improved compared to the past, but part of the pollution is still retained. Presumably it is caused by decades of pollution settled into the riverbed - the so called legacy pollution.

The aim of this study was to investigate how outflow and weather conditions impact the pollution levels in Purtse river. We assumed that the more it rains, the higher the air temperature and the higher the discharge, the more pollution Purtse river wears away. We examined two different periods. The period 1973-2000 is characterized by the fact that pollution from factories or semi-coke mounds ran directly into the river. During the 2001-2011 period, the levels of pollution in the Purtse river are characterized by the effects of legacy pollution. In compliance to this, we assumed that during the first period the pollution levels could be related to precipitation that was leaching pollution from the semi-coke mounds into the river. In the second period, we assumed relationships between the temperature and the discharge rate, which would foster leaching out the legacy pollution from the river sediments.

Correlation analysis revealed that there were no links between the concentrations of pollutants and meteorological parameters of our choice during the first period. Negative correlations between temperature and pollution levels are likely artificial, as this relation did not become evident on separate winter and summer months. A significant connection can be seen between the levels of precipitation and petroleum products in the river during the summer, which supports the assumption that strong rainfall washed pollutants into the river. The statistically reliable relationship between discharge and pollutants was predictable, but it also confirms

that the more water the river carries, the higher quantities of pollutants pass through the threshold.

When the first period was characterized by individual extremely high concentrations, the second period, was characterized in that the measured values were maintained on the same level for a long time. Therefore, it is logical that the levels of pollutants are strongly associated with discharge.

The significant connection for the second period is between the concentration of petroleum products and the monthly discharge, which means that the larger was the discharge, the greater was the concentration.

In conclusion, we can say that the relationship between pollution data, atmospheric indicators and river discharge is much more complicated than assumed at the beginning. There is lot of randomness and possibly errors in the pollution data. Samples taken four times a year cannot be a basis to draw definite conclusions on connections. Since the decontamination of the Purtse river legacy pollution is now topical, the knowledge of how pollution behaves in different weather conditions will become even more important. Therefore, samples should be taken frequently and if possible automate the measurement of pollution levels.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aarma, A., Vensel, V. 2005. Statistika teooria põhikursus. TTÜ Majandusteaduskond. Külim

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1971. No 3-4. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1972. No5, 6, 7, 8. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1973. No 9, 10, 11, 12. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1974, No 13-15. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1975. No 16-19, I-IV квартал. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1976. No 20-23, I-IV квартал. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1977. I-IV квартал. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Бюллетен о состоянии химического загрязнения поверхностных вод на территории Эстонской ССР, 1978. I-IV квартал. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень 1964-1966. 1967. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Эстонской ССР) за 1979 год. 1979. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Эстонской ССР) 1980. I-XII. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Эстонской ССР). за 1981 год. 1981. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Эстонской ССР). за 1982 год. 1982. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Гидрохимический Бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Эстонской ССР). 1983. I-IV кв. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1986 год. 1987. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1984, 1985, 1987 годы. 1988. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1988 год. 1989. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1989 год. 1990. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши 1990 год. 1991. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia ja Looduskaitse Valitsus

Ida-Virumaa keskkonnauuringud 1994. Trükiste ja käsikirjaliste materjalide bibliograafiline nimistu aastatest 1980-1994. Estonia trükk

Ida-Eesti vesikonna veemajanduskava. 2010. Keskkonnaministeerium

Jansen, K. 2007. Mida on vaja teada fenoolidest veekeskkonnas? AS Maves. http://www.maves.ee/Tasub_teada/fenool.pdf (12.02.2014)

Järvet, A. 2013. TÜ Geograafia osakonna hüdroloogia lektor. Isiklik teade läbi juhendaja

Kaasik, T. 1995. Ida-Virumaa: Inimene, majandus: loodusülevaade maakonna probleemidest säästliku arengu kontekstis. Tallinn: Stockholmi Keskkonna Instituut

Kaljumäe, J., Kirt, E., Velner, H., Välbe, M. 1967. Veekogude kaitse - kaasaja aktuaalsemad probleemid. Tallinn

Kattai, V. 2003. Põlevkivi - õlikivi. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn

Kendall, M. 1955. Rank Correlation Methods, Second Edition. Charles Griffin and Company. London

Kärme, L.; Truu, J.; Talpsep, E.; Heinaru, A. 2003. Purtse jõe vesikonna vee ja setete mikroobikoosluste analüüs. Kaasaegse ökoloogia probleemid, 110 – 116

Loigu, E., Velner, H-A., Iital, A., Pärnapuu, M. 2011. Hajureostuse dünaamika loodus- ja põllumaadelt (1960-2010). TTÜ Kirjastus

Lõhepüüdjad loobusid kahjutasunõudmisest põlevkivitööstustelt. Päevaleht 10.04.1937, lk 3

Lõpetada looduse reostamine. Leninlik Lipp 7.01.1987

Maa-ameti kaardirakendus. <http://geoportaal.maaamet.ee/>

Maves AS. 2008. Purtse jõe põhjasetete ohtlike ainete uuring Purtse jõe majandamise kavaks. Töö nr 7187, aruanne. Tallinn.

<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1084414/L%F5pparuanne+v%E4hendamist+andmed.pdf> (03.02.2014)

Meister, A. 2011. Üle vaevavete: Purtse jõgi jutustab. Purtse, MTÜ Purtse jõe arenduskeskus

Mikelsaar, N. 1984. Eesti NSV kalad. Tallinn „Valgus“

Pavlenkova, J. 2010. Divesiniksulfiidi ja vääveldioksiidi kontsentratsioonide sõltuvus tuule suunast ja teistest meteoroloogilistest suurustest Kohtla-Järve linna õhus. Magistritöö. TÜ Loodus- ja tehnikateaduskond Füüsika Instituut

Mõts, K. 2013. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ Analüütilise keemia labori juhataja. Isiklik kirjavahetus 7.05.2013

Nei, L., Koorits, A. 2005. Sissejuhatus keskkonnakeemiasse. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus

Otsa, E., Kakum, T., Jürma, T. 1985. TK „Põlevkivikeemia“ reostusobjektide ja Kohtla jõe ning Soome lahe väljalaskude uurimine. Aruanne, RPUI „Eesti Maaparandusprojekt“ Tallinn. Lk 63

Purtse kalurite esindus presidendi juures. Päevaleht 24.05.1938a, lk 4

Purtse kalurite võlg 25.0000 kr. Virumaa Teataja 24.10.1938b, lk 3

Purtse kalurite võlad korraldati. Virumaa Teataja 28.06.1940, lk 2

Randla, T., Vilu, R. 1994. Mida teha põlevkivitööstusega? Eesti Loodus 4

Raukas, A. 2006. Nõukogude okupatsiooni poolt tekitatud keskkonnakahjud. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus

Roots, O., Nõmmsalu, H. 2011. Aruanne veekeskkonnale ohtlike ainete sõeluuringu tulemustest Eestis. Tallinn. BaltActHaz. http://www.klab.ee/wp-content/uploads/2011/10/soeluuringu_aruanne.pdf (01.05.2014)

Rätsep, A. 1999. Veekeskkonna ja veekasutuse probleemid. Teoses: Liblik, V., Punning, J-M. (toimetajad) Põlevkivi kaevandamise ja töötlemise keskkonnamõjud Kirde-Eestis 6/1999, Ökoloogia Instituut Tallinna Pedagoogikaülikool, Teaduste Akadeemia Kirjastus, 130-142

Rätsep, A., Rull, E., Liblik, V. 2005. Heitvee mõju Purtse valgala jõgede vee kvaliteedile. Liblik, V., Punning, J-M. (toimetajad) Keskkonad ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis 9/2005, Ökoloogia Instituut Tallinna Ülikool, Tallinn

Saarmäe, A. 2012. Fenoolide reostuse dünaamika Kohtla jões. Magistritöö. Loodus- ja Tehnoloogia teaduskond Ökoloogia ja Maateaduste instituut Geograafia osakond

Sepp, M. 2011. Režiiminihkest Läänemere regiooni atmosfääri tsirkulatsioonis. Jaak Jaagus (Toim.). Uurimusi Eesti kliimast. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 72 - 89

TLÜ ÖI, Kirde-Eesti osakond, 2008. VKG Oil AS tehnoloogiliste protsesside keskkonnamõju hindamise (KMH) aruanne, Jõhvi

Truu, J. 2004. Oil shale industry wastewater: impact on river microbial community and possibilities for bioremediation. Doktoritöö. Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, Tartu Ülikooli Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut, Geneetika õppetool. Tartu Ülikooli Kirjastus

Veekogumite koondseisundid 2013. <http://www.keskkonnainfo.ee/main/index.php> (18.05.2014)

Velner, H., Loopmann, A., Saava, A. 1972. Põhja-Eesti reostusallikad I osa. Üldosa. Reostusallikate iseloomusuts. Tallinn TPI

Velner, H.A. 2003. Veekaitse Eestis 1945-2002. TTÜ Keskkonnatehnika instituut

Veski, R. 2003. Põlevkivi poolkoksimäed kui ohtlikud jäätmed. Eesti põlevloodusvarad ja jäätmed, 25-26

www.XLSTAT.com

Seadusandlus:

Keskkonnaministri 28. juuli 2009. aasta määrus nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord”. RTL 2009, 64, 941 (02.05.2014)

Pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtused ja nende kohaldamise meetodid ning keskkonna kvaliteedi piirväärtused vee-elustikus, keskkonnaministri määrus, RT I 2010, 65, 484 (12.05.2013)

Riigiarhiivi materjal:

ERA.80.4.1210.Riigikogu liikme G. Lorenz'i küsimus Vabariigi Valitsusele Purtse jõe reostamise kohta A/S „Kiviõli“ vabriku poolt. 1032. Riigiarhiiv

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liina Roosimägi,

- annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Purtse jõe saastetaseme seosed vooluhulga ja ilmastikunäitajatega

mille juhendaja on Mait Sepp

- reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
- olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
- kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus **26.05.2014**